

病巣内線量分布の均等性の研究 (1)第1報 不均等指数について (2)第2報 所謂200KVX線治療について (3)第3報 60Co遠隔照射について

著者	山下 延男
号	294
発行年	1965
URL	http://hdl.handle.net/10097/18159

氏 名 やま した のぶ を
山 下 延 男

授 与 学 位 医 学 博 士

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 4 0 年 3 月 5 日

学 位 授 与 の 根 拠 法 規 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項

最 終 学 歴 昭 和 3 2 年 9 月 長 崎 大 学 医 学 部 卒 業

学 位 論 文 題 目 病 巣 内 線 量 分 布 の 均 等 性 の 研 究

(1) 第 1 報 不 均 等 指 数 に つ い て

(2) 第 2 報 所 謂 2 0 0 K V X 線 治 療 に つ い て

(3) 第 3 報 ^{60}Co 遠 隔 照 射 に つ い て

論 文 審 査 委 員 東 北 大 学 教 授 星 野 文 彦

東 北 大 学 教 授 栗 冠 正 利

東 北 大 学 教 授 本 川 弘 一

東 北 大 学 教 授 諏 訪 紀 夫

論文 内 容 要 旨

放射線治療法で問題になる重要な点はいろいろあるが、中でも空間的線量分布が最も大切である。各種の放射線治療術式の空間的線量分布を検討する場合には、少くとも三因子を考えねばならない。それは病巣の線量、病巣内の線量分布の均等性、そして線量の病巣集中性の三つである。このうち病巣線量は古くからよく研究され数量的表現が用いられているが、病巣の線量分布均等性に関する数量的な研究の報告はいまだにない。病巣の位置、大きさ、照射条件の違いによつて数量的に表わす方法として誤差の理論を拡張して不均等指数(σ)を考え定義した。空間的拡がりを持つ病巣は一般に数学的に次のように表現出来る。 $F(x, y, z) \leq 0 \cdots \cdots (1)$ この方程式を病巣の方程式と名付ける。(2)式は三重積分を含み、このままでは計算が出来ないので次のような近似式により区分求積法によつて計算する。

$$\sigma = \frac{1}{D_M} \sqrt{\frac{\iiint \{R(x, y, z) - D_M\}^2 dx dy dz}{\iiint dx dy dz}} \times 100 \cdots \cdots (2)$$

$F(x, y, z) \leq 0$

$R(x, y, z)$: 病巣内の任意の点 $P(x, y, z)$ における線量。 $D_M = \frac{\text{Volume Dose}}{\text{Volume}}$ (平均線量)。

$$\sigma = \frac{1}{D_M} \sqrt{\frac{\sum_{i,j,k} \{R(x_i, y_j, z_k) - D_M\}^2 \Delta x \Delta y \Delta z}{\sum_{i,j,k} \Delta x \Delta y \Delta z}} \times 100 \cdots \cdots (3)$$

不均等指数を計算するためには病巣内の線量分布を詳しく知らねばならない。今までに測定し発表されている線量分布の多くは等量曲線の形であり、これより不均等指数を計算する事はむづかしい。又中心線軸上のみの線量率として出されている場合も同様である。要するに中心線軸上のみならず各深さの平面上の線量分布を正確に知らねばならない。普通 X 線深部治療として用いられている所謂 200 KV X 線について Worthley & Wheatley の散乱線に関する $S(x)$ を用い病巣内の空間的線量分布を求め種々の大きさの腫瘍の均等性を検討した。線量は一次線と散乱線の和と考え、一次線は任意の深さの病巣内平面で均一と考える。中心線軸上の任意の点 O の散乱線を 100% とすれば、同一水平面内の病巣の任意の点 P の散乱線を Worthley & Wheatley は函数 $S(x)$ で示している。但し x は点 P と中心線軸までの相対距離で表わす。 $S(x)$ は $H \cdot V \cdot L$ 1.0 mm ~ 2.0 mm Cu, 焦点皮膚間距離 40 ~ 100 cm の範囲の X 線では一定の大きさの型の照射野で照射する場合、散乱線は x のみによつて決められる。故に X 線深部治療用として用いられている。所謂 200 KV X 線についてはその病巣内の散乱線の分布は Johns の Scatter Function と $S(x)$ より求められる。病巣内の線量分布は一次線を Mayneord & Lamerton の Data を用い、それに散乱線の線量を加えた。区分求積は病巣を 5 mm 立方の微小なる立体に区分し、その中では線量を均一と考え病巣の周囲部では四捨五入した。所謂 200

KV X線照射の病巣内均等性については計算の結果次のようであつた。1) 一門照射 (1) 線質、皮膚焦点間距離が同一の場合病巣半径が大きくなるにつれて不均等指数が大きくなり、又、病巣の位置が深くなるにつれていくらか大きくなるが、その場合は病巣半径の変化する時に比べて小さかつた。(2) 線質の違いでは均等性は余り変らない。2) 180°二門照射 H, V, L1.5mm Cu で被射体の厚み1.8cmと仮定し病巣中心までの深さ9cmの場合、病巣半径2.5~4cm の範囲では不均等指数は約4~11%であつた。3) 90°四門照射不均等指数は大体1%を越えなかつた。次にCobalt 60 遠隔照射の病巣内均等性についてはS, S, D 80cm, 病巣半径2~6cm, 照射野(皮膚面)円形の場合について検討して見た。Cobalt 60 遠隔照射の場合の中心線軸上以外の線量については200KV X線照射の場合と同様に線量を一次線と散乱線の和と考え、一次線についてはJohns の Data をそのまま用いた。散乱線の計算についてはClarkson 法を拡張して次に示めすような新しい近似計算法を考え出しそれに従つた。半径rの円形照射野内の任意の点Pの散乱線はこの点に於いて照射野を小さい角度の扇形に分け、各扇形の小区画について同じ半径の円形照射野の中心の散乱線より求められる。ここで小分割する時の分割数を出来るだけ多くすればする程精度はよくなる。この方法より一歩拡張して分割数を無限に大きくした場合を考え、その時の散乱線はこの分割によつて出来た無限の小さい扇形の散乱線の和である。それは、又これらの小さい扇形の平均の半径と同一半径(同一深さの円形照射野の中心)の散乱線と近似的に等しいものと著者は考え、その平均半径を次のように算出した。OAを半径、OPをa, ∠BPAをθとするPBの平均Lは次の式で示される。

$$L = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (\sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \theta} - a \cos \theta) d\theta \quad \text{この積分式は第2種楕円積分を含んでいるが計算の結果(5)式のようになる。} \\ L = 1 \left[1 - \left(\frac{1}{2} e \right)^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2}, \frac{3}{4} e^2 \right)^2 - \frac{1}{5} \left(\frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{5}{6} e^3 \right)^2 \dots \right] \dots (5) \quad \text{但し } e = \frac{a}{r}$$

(5)式を用い病巣内の散乱線をJohns の Dataより計算し不均等指数を求めた。Cobalt 60 遠隔固定照射については次の結果を得た。1) 一門照射 不均等指数は病巣半径の増大につれて大きくなるが、病巣中心の深さが深くなるに従つては余り変らない。200KV X線照射の場合に比べてその値は大体1/2より小さかつた。2) 180°二門照射 不均等指数1~3%であつた。3) 不均等指数は1%を越えなかつた。

審 査 結 果 の 要 旨

悪性腫瘍の放射線治療を行なう場合、空間的線量分布が治療効果を上げるうえにおいても大切な因子の一つである。この空間的線量分布を検討するにあたって、病巣の線量、病巣内線量分布の均等性及び線量の病巣集中性の三点について考えねばならぬ。これらのうち病巣線量は古くから研究され数量的表現が用いられているが、病巣内の線量分布均等性に関する数量的な研究の報告はいまだにない。そこで著者は病巣の位置、大きさ、照射条件等の相違によつて病巣内の線量分布の均等性を数量的に表わすために、誤差の理論を拡張して不均等指数を考え定義した。

A) 200KV X線照射の病巣内均等性について計算の結果次の様な結論が出た。

1) 一門照射 1) 線質 皮膚焦点間距離が同一の場合病巣半径が大きくなるにつれて不均等指数が大きくなり、又、病巣の位置が深くなるにつれていくらか大きくなるが、その場合は病巣半径の変化する時に比べて小さかつた。

2) 線質の違いでは均等性は余り変らない。

2) 180°二門照射 H. V, L 1.5 mm Cu で被射体の厚み 1.8 cm と仮定し病巣中心までの深さ 9 cm の場合、病巣半径 2.5 ~ 4 cm の範囲では不均等指数は約 4 ~ 11 % であつた。

3) 90°四門照射不均等指数は大体 1 % を越えなかつた。

B) Cobalt 60 遠隔固定照射については次の結果を得た。

1) 一門照射 不均等指数は病巣半径の増大につれて大きくなるが、病巣中心の深さが深くなるに従つては余り変らない。200KV X線照射の場合に比べてその値は大体 1/2 より小さかつた。

2) 180°二門照射 不均等指数 1 ~ 3 % であつた。

3) 不均等指数は 1 % を越えなかつた。

以上の理論的考察は、放射線治療の上で充分役立つもので学位に値するものと考えらる。